

Jana Trgalová

Résumé – Cet atelier a proposé une réflexion sur l'exploitation possible, en formation initiale ou continue des enseignants de mathématiques, d'une grille d'analyse de ressources de géométrie dynamique, élaborée dans le cadre du projet européen Intergeo. Plutôt que livrer un compte-rendu de l'atelier, ce texte présente cette grille, son élaboration et son expérimentation dans divers dispositifs de formation visant à outiller les enseignants pour des tâches d'analyse et de conception de ressources pour la classe.

Introduction

La problématique abordée dans ce texte relève de celle de l'intégration des technologies numériques dans l'enseignement des mathématiques.

Selon Robert et Rogalski (2005), le choix et la conception de tâches pour la classe constituent une facette de l'activité professionnelle des enseignants. Si l'utilisation efficace d'un outil technologique demande à concevoir de nouvelles tâches qui donnent du sens aux concepts mathématiques (Monaghan 2004), la conception de tâches réellement nouvelles est plutôt rare (Laborde 2001, 2008). Les enseignants préfèrent modifier et adapter des tâches existantes, ce qui exige la capacité d'analyse de ces tâches et de leur résolution avec l'outil. Cependant, analyser une tâche qui intègre un outil technologique n'est pas simple. En effet, l'introduction de la composante technologique affecte toutes les autres dimensions – épistémologique, didactique et institutionnelle. Les enseignants doivent être capables de résoudre la tâche avec l'outil et d'analyser son rôle dans le processus de résolution et dans la définition même de la tâche. Ils doivent également être en mesure d'analyser la pertinence pour les apprentissages et la nécessité, ou le coût, d'introduction de nouvelles techniques instrumentées (ibid.). Pour la mise en œuvre de ces tâches en classe, les enseignants doivent avoir la capacité d'anticiper les techniques de résolution possibles, les apprentissages potentiels, ainsi que les orchestrations favorisant les apprentissages visés (Trouche & Drijvers 2010).

De nombreux dispositifs ont été mis en place pour soutenir les enseignants dans leurs efforts d'utilisation des technologies. Ces dispositifs varient en durée (de quelques jours en formation initiale ou continue, jusqu'à quelques années pour des dispositifs tels que SFODEM³¹), en modalités (en présence, à distance ou en mode mixte) et en contenu (de l'analyse de quelques ressources en formation continue par exemple, jusqu'à l'accompagnement du processus de conception collaborative de ressources, leur mise en œuvre et le retour réflexif sur les expériences dans SFODEM). Leur efficacité est tout aussi variable de par leur ponctualité et manque du suivi pour des formations courtes ou de par leur coût en temps et en ressources humaines pour des dispositifs tels que

³¹ Suivi de Formation à Distance pour les Enseignants de Mathématiques (Guin & al. 2008).

SFODEM où un groupe de chercheurs et de formateurs a travaillé avec un petit groupe d'enseignants pendant 6 ans.

Un autre moyen de soutenir l'intégration des technologies est de mettre à la disposition des enseignants des ressources qui proposent des activités faisant appel à des outils technologiques, notamment via l'Internet. C'est le cas de banques de ressources éducatives, appelées aussi banques d'objets d'apprentissage. Cependant, l'accessibilité des ressources n'est pas suffisante, comme le souligne Robertson (2006) :

Dénicher des ressources utiles, crédibles, des contenus éducatifs de qualité mis à jour régulièrement relève bien souvent de l'utopie. En effet, l'utilisateur est souvent confronté à l'absence d'assistance à la recherche (métadonnées vs mots-clefs), au manque d'assurance en ce qui a trait à la qualité des informations. De plus, il n'existe pas, actuellement, de « masse critique de contenu » [...], c'est-à-dire qu'il n'existe pas un nombre suffisant d'objets d'apprentissage correctement métaréférencés, aisément accessibles en ligne pour que les enseignants et les apprenants en viennent à consulter toujours plus souvent les référentiels. [...], nous avancerions que l'appropriation par les enseignants de matériel pédagogique et didactique complémentaire en soutien aux apprentissages des élèves et en complément aux ressources imprimées (manuels scolaires notamment) semble toujours difficile, même si les technologies sont disponibles à l'école depuis quelque vingt ans. (p. 13)

La dispersion de ressources sur de nombreux sites, le manque de métadonnées décrivant précisément leur contenu, l'absence d'indications sur leur qualité pédagogique et la difficulté d'appropriation de ces dernières sont soulevés comme des principaux obstacles à la réutilisation de ressources existantes et, par conséquent, à l'intégration des technologies dans les pratiques des enseignants.

Dans le cadre du projet européen Intergeo³² (Kortenkamp & al. 2009), nous avons exploré l'idée d'impliquer les enseignants dans l'évaluation de la qualité de ressources de géométrie dynamique comme un moyen de pallier aux deux derniers obstacles cités. L'évaluation de la qualité des ressources a été cadrée par un questionnaire qui a été élaboré dans cet objectif. Ce questionnaire et son élaboration sont décrits dans la partie suivante. Nous présentons ensuite deux expérimentations de ce questionnaire et leurs principaux résultats.

Questionnaire d'évaluation de ressources de géométrie dynamique

La plateforme i2geo³³ (Fig. 1) développée dans le cadre du projet Intergeo mentionné plus haut a pour but de rassembler et de mettre à disposition des enseignants des ressources autour de l'usage de la géométrie dynamique dans les classes de mathématiques. La plateforme est fondée sur le principe communautaire : c'est un environnement ouvert où tout utilisateur peut déposer des ressources pour les mutualiser avec d'autres utilisateurs, il peut utiliser les ressources disponibles, les commenter, partager ses expériences avec l'usage de ces ressources dans sa classe.

Une démarche qualité (Trgalová & al. 2011) a été mise en place sur la plateforme dont l'objectif a été double :

- objectif « communautaire » : permettre le contrôle et l'amélioration de la qualité des ressources déposées par les utilisateurs ;

³² Interoperable Interactive Geometry for Europe, 2007-2010, <http://i2geo.net/xwiki/bin/view/Main/About>.

³³ i2geo.net

- objectif « individuel » : soutenir la pratique réflexive et les processus d'appropriation des ressources chez les enseignants utilisateurs des ressources.

Cette démarche qualité s'appuie sur un questionnaire (voir annexe 1) permettant d'analyser les dimensions de ressources de géométrie dynamique jugées pertinentes pour évaluer sa qualité mathématique, didactique, pédagogique, technique et ergonomique.



Figure 1 – Copie d'écran montrant la plateforme i2geo.net

Dans la suite, nous présentons brièvement comment le questionnaire a été conçu.

Méthodologie de l'élaboration du questionnaire

En accord avec Rabardel (1995) qui souligne l'importance de penser les usages d'un outil dès sa conception, le questionnaire a été élaboré dans un processus cyclique consistant en la conception de versions successives et leurs tests avec des enseignants, qui ont permis ses améliorations progressives. De plus, l'équipe de chercheurs en charge de l'élaboration du questionnaire a travaillé en étroite collaboration avec un groupe de sept enseignants de mathématiques³⁴ pour garantir l'accessibilité du questionnaire à ses principaux usagers, les enseignants.

Dans un premier temps, une liste des caractéristiques d'une ressource de géométrie dynamique considérée de bonne qualité a été établie donnant lieu à une soixantaine de critères. Ces critères ont été définis en référence à des cadres théoriques de didactique et des travaux de recherche sur les usages de la géométrie dynamique dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Ils ont ensuite été classés en neuf catégories permettant de décrire neuf dimensions d'une ressource, à savoir : (1) métadonnées, (2) aspect technique, (3) dimension mathématique du contenu, (4) dimension instrumentale du contenu, (5) valeur ajoutée de la géométrie dynamique, (6) implémentation didactique, (7) implémentation pédagogique, (8) intégration dans une progression et (9) aspect ergonomique.

Pour mieux comprendre la manière dont nous avons défini les critères de qualité d'une ressource de géométrie dynamique, nous décrivons brièvement, à titre d'exemple, l'élaboration des critères concernant la dimension « implémentation didactique » de la ressource. Pour plus de détails sur ce processus et les cadres théoriques sous-jacents, voir par exemple (Trgalová & al. 2011).

³⁴ Groupe « Géométrie dynamique » de l'IREM de Lyon.

Critères concernant la dimension « implémentation didactique » d'une ressource

La définition des critères concernant cette dimension de la ressource (Fig. 2) s'appuie plus particulièrement sur la théorie des situations didactiques (Brousseau 1998) qui propose des outils pour analyser l'activité de l'élève et le rôle de l'enseignant dans une situation d'apprentissage.

La notion de rétroaction du milieu est un élément clé pour envisager des situations a-didactiques. Grâce aux rétroactions du milieu l'élève doit pouvoir contrôler ses actions et être amené à les faire évoluer, sans intervention de l'enseignant. Ainsi, lorsqu'un enseignant cherche à utiliser dans sa classe une ressource qu'il n'a pas conçue, il devrait pouvoir comprendre quelles interactions sont prévues entre l'élève et le milieu dans la tâche proposée par la ressource. Ces considérations nous ont amené à définir les critères suivants : « Les rétroactions du logiciel essentielles pour l'activité sont décrites » ou « Les rétroactions du logiciel permettent aux élèves d'avancer dans la résolution du problème ». De même, les notions de dévolution et d'institutionnalisation sont à la base des critères « Des conseils sont donnés à l'enseignant pour lancer l'activité » et « Des conseils sur les interventions aux moments de synthèse sont donnés ».

	<p>La description de cette activité en permet une utilisation efficace pour l'apprentissage des notions et compétences annoncées</p> <p>L'activité est conçue de manière à ce que les élèves s'y engagent facilement</p> <p>Des conseils sont donnés à l'enseignant pour lancer l'activité</p> <p>L'activité est conçue de manière à laisser des initiatives aux élèves</p> <p>Des traces de production d'élèves sont disponibles</p> <p>Des stratégies prévisibles des élèves, correctes ou erronées, sont décrites</p> <p>Les rétroactions du logiciel essentielles pour l'activité sont décrites</p> <p>Les rétroactions du logiciel permettent aux élèves d'avancer dans la résolution de l'activité</p> <p>Des suggestions pour sortir les élèves de stratégies sans issues sont proposées</p> <p>Des actions pour faire évoluer les stratégies de élèves sont proposées</p> <p>Des conseils sur les interventions aux moments de synthèse sont donnés</p> <p>Des suggestions sur comment, quand et qui valide les productions des élèves sont données</p> <p>Les caractéristiques principales de l'activité et les effets de leurs modifications sur les stratégies et les apprentissages des élèves sont décrits</p>
--	---

Figure 2 – Extrait du questionnaire relatif à la dimension « implémentation didactique » d'une ressource de géométrie dynamique

Le questionnaire ainsi conçu a été proposé au groupe des sept enseignants dans le but d'évaluer la pertinence des critères et leur accessibilité en termes de formulation. Ce travail a conduit à une nouvelle version du questionnaire qui a été ensuite expérimentée dans divers dispositifs de formation. Trois autres cycles de conception du questionnaire ont été conduits selon ce même schéma avant sa mise en ligne sur la plateforme.

Dans la partie suivante, nous présentons deux expérimentations faisant partie des cycles de conception, leurs objectifs et les principaux résultats.

Expérimentations du questionnaire

Première expérimentation : représentations des enseignants sur la qualité d'une ressource de géométrie dynamique et validation des choix des critères de qualité

La première expérimentation (Jahn & al. 2008) avait pour objectif d'une part d'identifier quelles caractéristiques les enseignants des mathématiques attribuent spontanément aux ressources jugées de « bonne » qualité afin de les comparer à celles que nous avons proposées dans le questionnaire. Nous avons souhaité d'autre part tester la pertinence et la clarté des critères proposés dans le questionnaire et enfin questionner l'intérêt et l'utilité de ce dernier pour l'analyse et l'appropriation des ressources de géométrie dynamique.

Une ressource a été spécialement conçue pour les besoins de l'expérimentation. Elle était composée d'une fiche élève qui proposait un problème du type boîte noire, une fiche pour le professeur qui proposait une organisation de la classe et des fichiers de géométrie dynamique permettant de valider les conjectures des élèves. Cette ressource a été soumise à 22 enseignants, tous débutant en géométrie dynamique, dans le cadre d'une formation continue. Les enseignants ont été invités à résoudre le problème et à faire une analyse *a priori* de la ressource sans le questionnaire, avant de l'analyser à l'aide de celui-ci.

L'analyse *a priori* de la ressource a permis de faire émerger les éléments de la ressource qui ont été appréciés par les enseignants ou au contraire, dont ils pointaient l'absence.

Par exemple, dans la fiche pour le professeur, les enseignants ont particulièrement apprécié la description brève de la séquence qui constitue pour eux une sorte de *carte de visite* de la ressource, ainsi que la description synthétique de l'organisation de la séquence. Pour une meilleure appropriation de la ressource, ils souhaiteraient trouver plus d'informations sur le rôle de l'enseignant : quelles interventions et à quel moment ?, quel accompagnement du travail des élèves ? La plupart des enseignants considèrent qu'un document contenant les solutions et les réponses attendues, ainsi que des difficultés prévisibles des élèves avec propositions des orientations didactiques (ex. *fiche élève commentée* à l'attention du professeur) contribuerait à une meilleure appropriation de la ressource. Ils trouvent important de partager, à l'issue de la mise en œuvre de la séquence en classe, les informations sur les difficultés rencontrées par les élèves avec des suggestions de pistes pour les dépasser, mais également sur les interventions de l'enseignant, notamment lors des phases d'institutionnalisation. Quant aux fichiers informatiques, les enseignants expriment le besoin de bien comprendre comment la macro-construction fournie a été construite et comment elle fonctionne (ces éléments n'ont pas été donnés dans la ressource). Enfin, pour tous les enseignants, l'apport de la géométrie dynamique paraît incontestable du fait de la possibilité de manipuler la figure et identifier ainsi ses propriétés, d'utiliser le déplacement et d'autres outils tels que mesures pour vérifier les propriétés des figures, de traiter plusieurs cas de la même figure, de réaliser plus aisément et avec plus de précision les constructions. Le déplacement est considéré comme un moyen favorisant l'exploration, la recherche et la formulation de conjectures, ainsi qu'un moyen de validation.

Les réponses des enseignants ont montré une grande convergence entre la vision qu'ont les enseignants des ressources de « bonne » qualité et la nôtre, notamment en ce qui concerne le contenu mathématique et instrumental de la ressource et son implémentation didactique. D'autre part, il est apparu que certaines dimensions qui nous paraissent les plus importantes ne sont pas spontanément considérées par les enseignants, comme l'apport de la géométrie dynamique et le rôle du déplacement dans la tâche par exemple. C'est dans ce fait que semble résider le principal intérêt du questionnaire selon les enseignants : il attire l'attention sur certains éléments de la ressource que les enseignants ne questionnent pas spontanément mais qu'ils jugent tout de même essentiels dans l'évaluation de la qualité de la ressource. Le questionnaire a été reconnu comme très utile pour réaliser une analyse fine et détaillée de la ressource.

Deuxième expérimentation : usages du questionnaire pour analyser des ressources

Avec cette expérimentation (Trgalova & Richard, 2012) nous cherchions à analyser la pertinence et la clarté des critères de qualité dans le questionnaire pour les enseignants,

étudier les premiers usages du questionnaire pour l'analyse des ressources et identifier les aspects des ressources qui déterminent leur sélection pour une utilisation éventuelle en classe.

Trois ressources ont été proposées aux enseignants, toutes portant sur un même objet de savoir mathématique, les quadrilatères particuliers (niveau 5e de collège français, élèves de 12-13 ans). Les trois ressources étaient composées d'un fichier texte s'adressant soit à l'enseignant, soit aux élèves, soit aux deux, accompagné d'un fichier de géométrie dynamique. De plus, les modalités d'utilisation de la géométrie dynamique suggérées par les ressources ont été les mêmes, c'est-à-dire en salle informatique où les élèves manipulent eux-mêmes les figures.

Six enseignants ont participé à cette expérimentation. Ils avaient tous une expérience professionnelle d'enseignement des mathématiques plus ou moins longue, entre 5 et 15 ans, et un niveau d'intégration de technologies très hétérogène.

Le travail des enseignants a été cadré par le protocole suivant :

- Phase 1 : chaque enseignant devait prendre connaissance, individuellement, des contenus des trois ressources.
- Phase 2 : les enseignants analysaient ensuite les ressources en binômes en utilisant le questionnaire.
- Phase 3 : chaque enseignant devait décider individuellement laquelle (lesquelles) des trois ressources analysées il choisirait pour une utilisation dans sa classe, avec ou sans modifications, puis éventuellement suggérer des pistes d'amélioration des ressources.

Le choix de faire précéder l'analyse des ressources par une phase de prise de connaissance de leurs contenus avait pour but d'une part de permettre à ce que chaque enseignant puisse se faire sa propre opinion sur les ressources et d'autre part de gagner du temps pour leur analyse avec le questionnaire. Les enseignants ont ensuite été groupés par binômes afin de susciter des échanges et des confrontations de leurs points de vue sur les ressources. L'expérimentation, plus précisément les phases 2 et 3, a duré environ 3 heures. Un observateur a été présent lors du travail d'analyse des ressources pour aider les enseignants à lever d'éventuelles ambiguïtés dans les items du questionnaire ou pour demander davantage de précisions si cela s'avérait nécessaire.

L'analyse des données recueillies durant l'expérimentation a été basée sur la confrontation de l'analyse « experte » des ressources, réalisée par un chercheur en didactique des mathématiques, avec les analyses des ressources réalisées par les enseignants.

Les résultats montrent que certains binômes d'enseignants éprouvaient des difficultés à se concentrer sur le strict contenu des ressources dans leur analyse. En effet, leurs réponses à certains items ne correspondaient pas aux informations fournies par la ressource, mais elles reflétaient plutôt des efforts d'interprétation de ces informations à la lumière de leurs propres expériences. Par exemple, à la question « Les éléments permettant la prise en charge du problème par l'apprenant sont-ils explicites ? », deux binômes ont répondu « non pas du tout » (réponse attendue), tandis que le troisième a répondu « oui, tout à fait ». Cette question interroge la phase de dévolution dans l'activité proposée. Voici l'échange entre les enseignants du binôme :

E1 : « c'est trop directif ; il n'y a pas de prise en charge du problème par l'apprenant »

E2 : « oui mais en même temps du coup ils font le problème ; moi, je vois la question... imagine quelque chose de très, très ouvert où l'élève n'entre même pas dedans. Là, il n'y a pas de soucis, il sait ce qu'il a à faire ».

Cet échange laisse supposer que l'enseignant E2 interprète la question comme « Les élèves peuvent-ils facilement comprendre ce qu'il faut faire et s'engager dans la résolution du problème ? ». E2 anticipe donc la manière dont la dévolution pourrait se faire lors de la mise en place de l'activité en classe au lieu de chercher simplement la présence d'indications à ce sujet dans la ressource, ce qui est demandé dans la question. Selon l'approche instrumentale, il s'agit d'une catachrèse, un écart entre le prévu et le réel dans l'utilisation de l'artefact (Rabardel 1995, p. 99), ici de la question donnée du questionnaire. Cette catachrèse n'est cependant pas considérée comme un détournement de l'artefact par rapport aux fonctions prévues, mais plutôt comme un indice du processus d'attribution à l'artefact « de fonctions non anticipées ou prévues par les concepteurs » (*ibid.*, p. 101). Il s'agit d'un processus d'instrumentalisation de la question. D'autre part, cette interprétation particulière se traduit par la mise en œuvre de schèmes d'exploration nouveaux amenant l'enseignant à interroger le contenu de la ressource d'une certaine manière portant davantage sur son usage potentiel en classe que sur les informations fournies, ce qui témoigne d'un processus d'instrumentation.

Le questionnaire lui-même a été utilisé différemment par les binômes. Un binôme l'a utilisé dès le départ pour éliminer les ressources les moins pertinentes. Leur analyse avait ainsi pour but d'identifier les dimensions rédhibitoires des ressources. Une fois de telles dimensions déterminées pour une ressource donnée, les enseignants en ont arrêté l'analyse, sans essayer de vérifier si les autres aspects constituent ou non sa force. Par exemple, une des ressources comprenait un fichier de géométrie dynamique défaillant. Les enseignants de ce binôme considéraient inutile de poursuivre l'analyse de la ressource après avoir identifié la faiblesse de la ressource résidant dans le fichier de géométrie dynamique erroné, puisque pour eux, « la première des choses, c'est la figure ». Les deux autres binômes ont, en revanche, réalisé une analyse détaillée des toutes les dimensions de la ressource. A la question s'ils auraient choisi cette ressource pour une éventuelle utilisation dans leurs classes, certains enseignants de ces binômes ont pu envisager son utilisation, à condition d'y apporter des modifications permettant d'améliorer les aspects considérés comme faibles. Ils ont été capables de faire abstraction de la défaillance du fichier de géométrie dynamique associé à l'une des ressources, comme en témoigne l'affirmation de certains : « on fait comme si la figure était juste ». Ainsi, même si tous les binômes ont trouvé cette faiblesse inacceptable, celle-ci n'a pas empêché certains de continuer l'analyse et identifier des points forts de la ressource.

Ces résultats permettent d'anticiper différents usages possibles du questionnaire qui correspondent aux différentes genèses instrumentales conduisant au développement de différents schèmes d'utilisation et, par conséquent, de différents instruments d'analyse de ressources, comme les suivants :

- ne considérer que quelques dimensions essentielles d'une ressource qui seront analysées à l'aide de critères détaillés et analyser les autres seulement à l'aide de l'item général ;
- analyser en détail une dimension importante : si celle-ci est satisfaisante, en analyser une autre, si non, arrêter l'analyse et conclure que la ressource est de « mauvaise » qualité ;
- n'utiliser que les items généraux pour analyser toutes les dimensions de la ressource ;

- utiliser les critères détaillés pour réaliser une analyse approfondie de la ressource.

La manière dont le questionnaire est utilisé, ou, en termes de l'approche instrumentale, la nature du questionnaire comme instrument d'analyse de ressources, est façonnée par l'expérience de l'utilisateur. Cependant, la finalité de l'analyse de ressources joue également un rôle important dans la genèse instrumentale. Par exemple, si l'analyse doit permettre l'identification de points faibles de la ressource pour pouvoir l'améliorer, une analyse approfondie de la ressource à l'aide de critères détaillés du questionnaire serait pertinente. Si le but de l'analyse est de mieux comprendre le contenu de la ressource et les intentions didactiques de ses auteurs en vue de la mise en œuvre de la ressource ne classe, l'utilisateur pourra se concentrer sur les dimensions jugées importantes et laisser de côté les autres. Si le but de l'analyse est de faire le choix de la ressource la plus appropriée dans un ensemble de ressources, on pourra se concentrer sur les dimensions considérées comme importantes et rejeter les ressources pour lesquelles ces dimensions seraient jugées insatisfaisantes ou de mauvaise qualité.

Concernant les critères déterminant les choix de ressources pour une éventuelle utilisation en classe, il apparaît que le contenu mathématique valide est une condition nécessaire. Les enseignants accordent aussi une grande importance à la valeur ajoutée de la géométrie dynamique dans les activités proposées dans la ressource. D'autres dimensions sont considérées comme plus ou moins importantes en fonction de l'expérience des enseignants. Par exemple, les enseignants peu familiers avec l'usage des technologies jugent la dimension relative à l'implémentation didactique de la ressource, c'est-à-dire présence d'indications sur la gestion par l'enseignant des apprentissages des élèves, comme l'une des plus importantes.

Cette étude a également permis de reformuler certains critères afin de lever des ambiguïtés qui étaient parfois à l'origine de réponses contradictoires de la part des binômes.

Les résultats de cette expérimentation montrent enfin que les deux processus, genèse instrumentale portant sur le questionnaire et genèse documentaire (Gueudet & Trouche 2008) portant sur les ressources, s'entremêlent comme, d'une part, le questionnaire est supposé orienter l'analyse des ressources en pointant les dimensions sur lesquelles elle doit porter et, d'autre part, l'analyse des ressources façonne la manière dont le questionnaire est utilisé. L'analyse du travail documentaire des enseignants avec des ressources et des genèses instrumentales relatives à leur usage du questionnaire présentée dans ce texte tend à montrer un impact positif de l'implication des enseignants dans l'analyse des ressources sur le développement de leurs compétences professionnelles visant l'intégration de la géométrie dynamique dans leurs pratiques.

Conclusion

Les diverses expérimentations que nous avons menées auprès des enseignants de mathématiques sur l'utilisation du questionnaire pour analyser des ressources ont produit de nombreux résultats significatifs. Nous avons observé par exemple que l'analyse des ressources de géométrie dynamique passe par une vérification explicite de la valeur ajoutée de la géométrie dynamique en comparaison avec l'environnement traditionnel de papier - crayon et une attention particulière est accordée au rôle du déplacement. Il s'agit d'une compétence professionnelle nécessaire pour une analyse efficace des ressources de géométrie dynamique. Son développement a été évidemment

visé dès la conception du questionnaire, et les résultats des expériences montrent que le questionnaire joue un rôle important dans l'atteinte de cet objectif.

Les résultats montrent aussi que les enseignants apprécient l'utilisation du questionnaire leur permettant de faire une analyse complète et détaillée des ressources et attirant leur attention sur des critères qui ne sont généralement pas considérés spontanément, bien que leur importance soit reconnue.

L'analyse approfondie de l'utilisation du questionnaire par les enseignants pour analyser des ressources montre une imbrication des genèses instrumentales et documentaires chez les enseignants. Le questionnaire a pour but d'aider les enseignants à analyser les ressources pour qu'ils puissent choisir celles qui leur conviennent pour une mise en œuvre en classe. De ce point de vue, la genèse instrumentale du questionnaire, c'est-à-dire la transformation de l'artefact « questionnaire » en un instrument d'analyse des ressources soutient la genèse documentaire des ressources analysées, c'est-à-dire leur transformation en documents utiles pour la pratique professionnelle des enseignants. Pourtant, le questionnaire a été utilisé de manière différente, ce qui a conduit au développement de différents instruments menant à de diverses analyses de ressources. Ainsi, l'analyse des ressources et ses différentes finalités ont façonné l'utilisation du questionnaire et, par conséquent, l'instrument qui en résulte pour l'analyse des ressources. De ce point de vue, la genèse documentaire influence à son tour la genèse instrumentale du questionnaire. Cette relation étroite entre les genèses documentaire et instrumentale est l'une des clés du développement professionnel, mais, en même temps, elle présente une grande complexité pour les enseignants.

Ainsi, bien que notre travail montre que l'évaluation de la qualité des ressources de géométrie dynamique peut soutenir le développement professionnel des enseignants, il apparaît également que la complexité d'une telle activité pour les enseignants nécessite un soutien spécifique et à long terme. De nouveaux moyens et outils d'accompagnement de genèses instrumentales et documentaires doivent donc être pensés, ce qui ouvre la voie à d'autres projets.

BIBLIOGRAPHIE

- Brousseau, G. (1998), *La théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage Editions.
- Gueudet, G., Trouche, L. (2008), Du travail documentaire des enseignants : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et didactique*, 2(3), 7-33.
- Guin, D., Joab, M., Trouche, L. (Dir.) (2008), *Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*, cédérom, INRP et IREM (Université Montpellier 2).
- Jahn, A. P., Trgalová, J., Soury-Lavergne, S. (2008), Analyse de ressources pédagogiques et amélioration de leur qualité : le cas de la géométrie dynamique. *Actes du 2^o SIPEMAT*, 28 juillet-1 août, Recife (Brésil).
- Kortenkamp, U., Blessing, A. M., Dohrmann, C., Kreis, Y., Libbrecht, P., Mercat, C. (2009), Interoperable interactive geometry for Europe – First technological and educational results and future challenges of the Intergeo project. In V. Durrand-Guerrier *et al.* (Eds.), *Proceedings of the Sixth CERME conference* (pp. 1150-1160), Jan 28 – Feb 1 2009, Lyon, France.
- Laborde, C. (2001). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283–317.

- Laborde, C. (2008). Multiple dimensions involved in the design of tasks taking full advantage of dynamic interactive geometry. In A. P. Canavarró *et al.* (Eds.), *Tecnologias e Educação Matemática* (pp. 29-43). Lisboa: SEM/SPCE.
- Monaghan, J. (2004). Teachers' activities in technology-based mathematics lessons. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 327-357.
- Rabardel, P. (1995), *Les hommes et les technologies. Une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Robert, A., Rogalski, J. (2005). A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example in a French 10th-grade class. *Educational Studies in Mathematics*, 59, 269-298.
- Robertson, A. (2006). *Introduction aux banques d'objets d'apprentissage en français au Canada*, Rapport pour le Réseau d'enseignement francophone à distance du Canada. En ligne <http://www.refad.ca/>
- Trgalová J., Richard P. (2012) Analyse de ressources comme moyen de développement professionnel des enseignants. In Dorier J.-L., Coutat S. (Eds.) *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21e siècle – Actes du colloque EMF2012* (GT6, pp. 908-918).
- Trgalová, J., Soury-Lavergne, S., Jahn, A. P. (2011), Quality assessment process for dynamic geometry resources in Intergeo project: rationale and experiments. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 43(3), 337-351.
- Trouche, L., & Drijvers, P. (2010), Handheld technology for mathematics education, flashback to the future, *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 42, 667-681.